

### 3. 电机的电磁基本理论

- 电感  $L$
- 电磁感应定律
- 电磁力  $F$ 、电磁转矩  $T$
- 电机的可逆性原理



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### I. 电感 $L$

➤ 磁通  $\Phi$

➤ 磁链  $\psi$   $\psi = N\Phi$

➤ 电感  $L$

- 定义：一个线圈通过单位电流所产生的磁链

$$L = \frac{\psi}{I} = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N\Lambda F}{I} = \frac{N\Lambda NI}{I} = \Lambda N^2 = \frac{N^2}{R_m}$$

• 自感

• 互感  $M_{21} = M_{12} = \Lambda_{12} N_1 N_2$

• 漏电感  $L_{\sigma 1} = \frac{\psi_{\sigma 1}}{I_1}$

• 电抗  $X_L = \omega L$

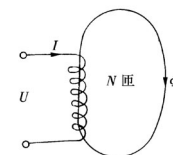


图 1-10 线圈的电感

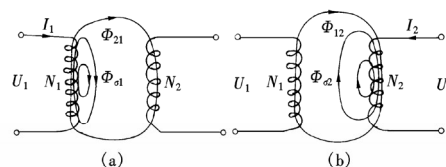


图 1-11 回路间的互感

(a) 回路 1 有电流产生磁链；(b) 回路 2 有电流产生磁链



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南

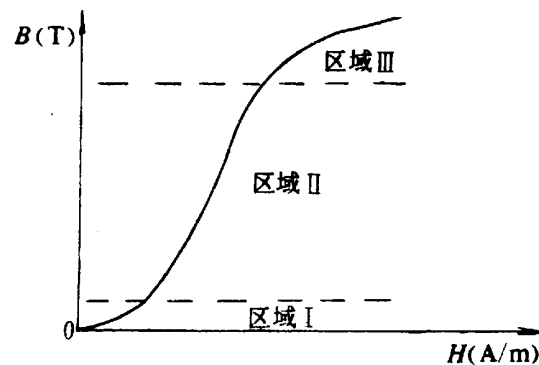
**Q1: 线圈绕在铁芯上，铁芯工作在饱和区和不饱和区，线圈的电感不同，下列说法正确的是（），why?**

- A. 铁芯工作在饱和区的电感更大
- B. 铁芯工作在不饱和区的电感更大



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>



有两个匝数相等的线圈，一个绕在闭合铁心上，一个绕在木质材料上，**哪一个电感大？**  
**哪一个电感是常数？**  
 哪一个电感是变数，随什么原因变化？



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## I. 电感 $L$

Q2: 电感和线圈所加的电压、电流或频率无关,  
这个说法 正确吗? Why?

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N\Lambda F}{I} = \frac{N\Lambda IN}{I} = \Lambda N^2 = \frac{N^2}{R_m}$$

- 电感与线圈匝数的平方成正比，和磁场介质的磁导亦成正比关系，而和线圈所加的电压、电流或频率无关。
- 电机的电感（电抗）与电机磁路的饱和有关
- 电机的电感(电抗)与电机的电、磁结构有关
- 对应不同的磁通需引用多种不同的电抗

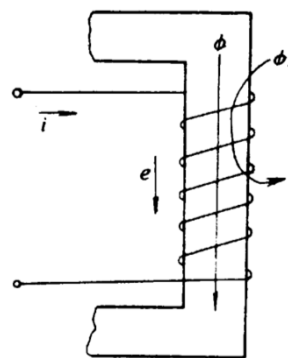


東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 电磁感应定律

- 设有一线圈位于磁场中，当该线圈中磁链发生变化时，线圈中将有**感应电动势**(简称**电势**)产生
- 感应电势的**数值**与线圈所匝链的磁链的**变化率**成正比
- 感应电势的**方向**将倾向于产生一电流，如电流能流通，该电流的磁化作用将**阻止**线圈的磁链发生变化



$$e = -\frac{d\psi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 电磁感应定律

线圈中磁链的变化，可以有两种方式：

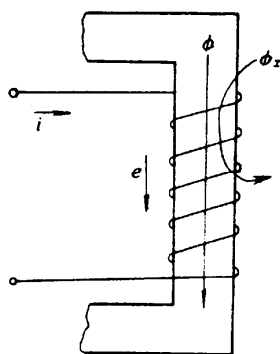
- 磁通本身就是由交流电流所产生，也就是说磁通本身随时间在变化着，这样产生的电势称为变压器电势（线圈与磁场相对静止）
- 磁通本身不随时间变化，但由于线圈与磁场间有相对运动而引起线圈中磁链的变化，这样产生的电势称为运动电势或速度电势



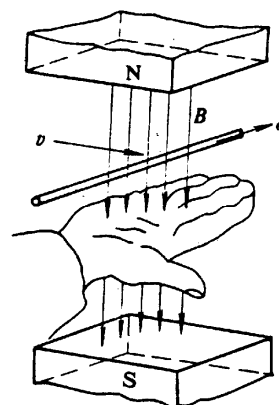
東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 电磁感应定律



$$e = -\frac{d\psi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$



$$e = Blv$$

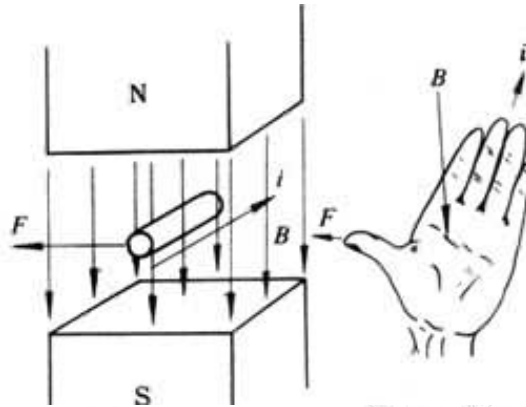


東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

### III. 电磁力 $F$ 、电磁转矩 $T$

- 载流导体位于磁场中，导体上受到电磁力  $F_e$
- 电磁转矩  $T$ :  $T=Blir$  单位: **Nm** (牛米)

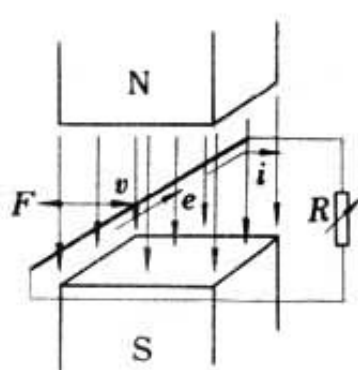


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

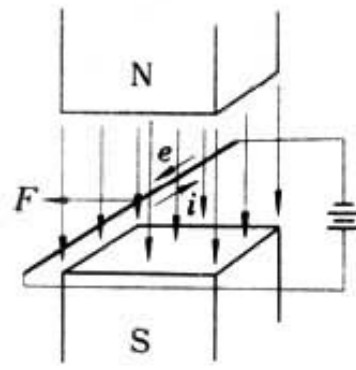
南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### IV. 电机的可逆性原理

发电机和电动机的基本作用原理



发电机  $v \rightarrow e \rightarrow i$



电动机  $i \rightarrow F \rightarrow v$



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## IV. 电机的可逆性原理

- 在电机轴上**外施机械功率**，通过电机导体在磁场中作用**产生感应电势可输出电功率**
- 在电机电路中从**电源输入电功率**，则载流导体在磁场作用下可**使电机旋转而输出机械功率**
- 任何电机既可以作为**发电机**运行，又可以作为**电动机**运行
- 不论用作发电机或电动机，**感应电势和电力**都**同时**作用于导体



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 4. 电机的制造材料

- 导电材料：铜是最通用的导电材料
- 导磁材料：电工钢片（硅钢片）
- 绝缘材料：YAEBFHC 七个标准等级
- 散热材料：空冷、水冷、油冷、氢冷等
- 机械支撑材料：机座、端盖、轴与轴承 **非导磁**



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 概念思考

- 为什么说发电机和电动机作用同时存在于一台电机中，但又不能同时既是发电机又是电动机

从能量传递，力的性质等方面考虑



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU


南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

1-3 公式  $e = -\frac{d\psi}{dt}$ ,  $e = -N \frac{d\phi}{dt}$ ,  $e = -L \frac{di}{dt}$ , 都是电磁感应定律的不同写法, 它们之间有什么差别? 哪一种写法最有普遍性? 从一种写法改为另一种写法需要什么附加条件?




東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>



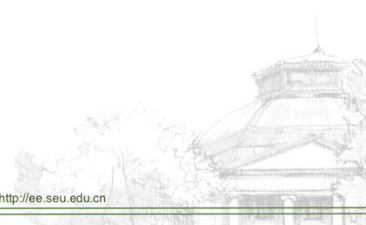

【答】  $e = -\frac{d\psi}{dt}$  是电磁感应定律的普遍表达式，另两种写法都需有一定的附加条件。

当所有磁通匝链全部匝数时，便可简化为  $e = -N \frac{d\phi}{dt}$ 。当为线性电感时（即非铁磁材料线圈时），电磁感应定律可进一步简化为  $e = -L \frac{di}{dt}$ 。



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>





## 作 业

➤ 习题： p. 18~19: 1-1~1-3、1-5~1-6

➤ 要求：

1. 按时交作业，过期不改；
2. 书写认真，文字整齐，抄题目，用直尺作图；
3. 数据精确到小数点后两位；
4. 不可抄袭；
5. 可以几人讨论后一起答题，作业本上注明。



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

